

농업 및 생활용수 부문에 대한 가뭄피해액 산정

서 순 석* / 김 덕 길** / 이 건 행** / 김 형 수*** / 김 태 응****

Estimation of Drought Damage Based on Agricultural and Domestic Water Use

Seo, Soon Seok* / Kim, Duck Gil** / Lee, Keon Haeng** /
Kim, Hung Soo*** / Kim, Tae Woong****

요약 : 가뭄은 다른 재해와 다른 특성을 지니고 있는데 이는 가뭄기간에 따라 그 파급효과가 오랫동안 지속될 수 있다는 것이며 이로 인해, 가뭄피해액을 산정하기도 쉽지 않다는 점이다. 이에 본 연구에서는 가뭄에 의한 피해를 파악하기 위하여 가뭄피해자료가 구축되어 있는 농업부문과 생활용수부문에 대한 가뭄피해액을 산정하고자 하였다. 우선 국내외의 가뭄피해액을 산정하기 위한 방법들을 검토하였고 이를 토대로 국내에 적용가능한 방안을 제시하고 적용하였다. 2006~2008년의 가뭄에 대하여 경상남도 김해시, 남해군, 의령군, 창녕군, 창원시의 피해액을 추정하였다. 그 결과 농업부문에 있어서 정곡은 2006년에 의령군에서 약 1억9천5백만원, 미곡은 창녕군에서 약 6천7백만원으로 가장 높은 피해액이 추정되었다. 생활용수 부문에서는 2007년을 기준으로 고통비용을 40만원으로 가정하여 피해액을 추정하였으며, 남해군의 4개의 읍·면의 피해지역에서 약 214억 6천만원으로 추정되어 가장 큰 피해가 추정되었다. 가뭄으로 인한 피해 추정을 개선하기 위해서 농업부문의 경우는 현재의 자료를 최대한 활용하는 방향으로 추정방법을 개발하고, 생활용수부문의 경우는 고통비용의 산정과 용수 사용에 대한 가중치를 고려한다면 보다 현실성 있는 피해액 산정방법을 제시할 수 있을 것이다.

핵심용어 : 가뭄, 가뭄피해액, 농업부문 가뭄피해액, 생활용수 가뭄피해액

Abstract : Drought has different characteristics from other disasters. Say, drought effect can be prolonged according to drought duration and so the estimation of drought damage can be difficult. Therefore this study suggested and applied the proper drought damage estimation method developed based on previous methods. The suggested method was used for the drought damage estimations considering agricultural aspect and domestic water use which the data are available. We estimated drought damages on Gimhae-si, Namhae-gun, Uiryeong-gun, Changnyeong-gun, and Changwon-si in GyungSang Nam-do from 2006 to 2008. As a result, in agricultural aspect, the damage on rice was about 195million won in Uiryeong-gun and on rice was about 67million won in Changnyeong-gun. In domestic water use, the damage was about 21billion won on 4 towns of Namhae-gun when we assumed the expense for sufferance is 400,000 won. We may need develop the method in the direction of the best use of present data for the improvement of the suggested method in agricultural aspect. In the case of the estimation of drought damage about domestic water use, we could suggest more realistic method if we consider the weights for the expense for sufferance and water use.

Keywords : Drought, Drought damage, Drought damage in agricultural aspect, Drought damage for domestic water use

+ Corresponding author : sookim@inha.ac.kr
* 비회원 · 인하대학교 토목공학과 · 석사과정
** 정회원 · 인하대학교 토목공학과 · 박사과정
*** 정회원 · 인하대학교 사회기반시스템공학부 부교수 · 공학박사
**** 정회원 · 한양대학교 건설교통공학부 조교수 공학박사

1. 서론

가뭄은 여러 가지 측면에서 일반 자연재해와 다른 특성을 지니고 있다. 가장 큰 특징으로는 가뭄에 의한 영향 및 피해상황으로 상당기간 동안 완만히 누적되어 나타나게 되고 가뭄이 해갈된 후에도 수개월 또는 수년 동안 파급효과가 나타날 수 있다는 점이다. 이러한 이유 때문에 가뭄의 시작과 종료를 쉽게 결정하기 어려우며, 그에 대한 피해를 산정 또한 어려움이 있다.

‘2001 가뭄기록조사보고서’에서는 가뭄피해 추정 방법론을 총 4가지, 즉, 생활용수, 공업용수, 농업용수, 하천유지용수에 따른 피해규모와 수력 발전 손실에 따른 피해규모를 추정하는 것으로 구분하여 설명하고 있다. 먼저, 생활용수피해는 생활용수 부족에 따른 제한급수나 공급중단에 의한 생활불편 등과 같은 간접피해가 대표적인 피해라 할 수 있다. 농업부문의 피해 추정은 「농업재해피해조사보고요령」에 의거하여 공무원, 이·동장(통장) 또는 마을 대표, 피해농업인이 합동으로 조사를 실시하여 조사결과를 피해조사대장에 기록하는 수준으로 구체적인 피해산정기준이 구비되어 있진 못하다. 현행 농업재해지원대책이 작목별 피해율을 산정하는 것이 아니라 농가별 피해율을 산정하고 있어 피해면적과 피해율만을 산정하고 피해액은 산정하지 못하고 있다(건설교통부 2002).

국외에서도 가뭄에 대한 모니터링과 예측에 대한 연구는 활발하나 이러한 모니터링과 예측을 가뭄피해와 직접적으로 연관을 지어 정부의 지원 및 보상과 연결되어져 있는 연구사례는 많지 않다. 본 연구에서는 새로운 가뭄 피해액 산정 공식을 개발하는 것보다 기존에 제시되어 있는 방안들을 토대로 국내 여건에 맞추어 수정 보완하여 시범적으로 일부지역에 대한 가뭄 피해액을 산정해 보고자 한다. 이를 위해 미국의 Rio Grande 유역을 각 부문 별로 평가한 사례(Ward 등, 2001)와 미국 National Drought Mitigation Center(NDMC)의 연구사례(Ding 등, 2008) 그리고 일본의 갈수기 피해액 추정 사례(건설교통부, 2002)를 검토하

여 농업부문과 생활용수부문에 대한 피해액 추정식을 도출하고, 실제 피해가 발생했던 경상남도 일부지역을 대상으로 가뭄 피해액을 산정하였다.

2. 국내외 가뭄피해 분석 방법

2.1 국내 가뭄피해 분석 방법

국내 가뭄피해추정에 대한 대표적인 사례로는 건설교통부(2002)에서 발간한 ‘2001 가뭄기록조사보고서’가 있다. 기존 국내에서 진행된 가뭄피해규모 산정 연구는 생활용수, 공업용수, 농업용수 공급부족에 따른 피해로 구분되어 진행되어 왔다. 이들 중에서 생활용수와 공업용수 공급 부족에 따른 피해는 관련 자료의 수집과 구축이 제대로 이루어져있지 않아 명확한 피해규모를 제시하지 못하고 있다. 그러나 농업용수 공급부족에 따른 측면은 생활용수와 공업용수 측면보다 명확한 피해규모가 제시되고 있다. 농업용수 공급부족에 따른 피해는 용수부족에 가장 영향을 많이 받는 농작물에 대하여 이루어졌으며, 그 대상으로는 벼와 채소, 해당지역의 특작물, 그리고 과수의 피해자료가 이용되었다.

2.1.1 벼 피해액

벼의 경우 가뭄에 의해 피해를 받는 것은 이앙기보다 출수기 전·후이다. 또한, 농촌진흥청 전문가들의 시험재배 결과자료를 활용하여 농업용수 부족에 따라 논에 미치는 피해수준과 벼물바구미 발생에 따른 농약사포 비용을 산정하는 산정 공식을 제시하고 있으며, 이들 산정 공식은 식(1)~식(3)과 같다(건설교통부, 2002).

$$\textcircled{1} \text{ 농업용수 부족에 따른 논에서의 피해수준}$$

$$\circ \text{ 이앙지연 피해액 추정 : 이앙지연면적} \times \text{피해율} \times \text{평균단수} \times \text{가격} \quad (1)$$

$$\circ \text{ 모넨논마름 피해액 추정 : 피해면적} \times \text{피해율} \times \text{평균단수} \times \text{가격} \quad (2)$$

- ② 벼물바구미 발생에 따른 농약살포 비용
- 충해발생피해액 추정(안) : 피해면적 × 농약살포율 × 단위면적당 농약살포비 (3)

$$+ 300\text{kg}/10\text{a} \times 191.84\text{ha} \times 10 \times 0.90 \times 1,500\text{원} = 834,282,000\text{원}$$

③ 최대 피해액

$$300\text{kg}/10\text{a} \times 19.6\text{ha} \times 10 \times 0.79 \times 1,500\text{원} + 300\text{kg}/10\text{a} \times 191.84\text{ha} \times 10 \times 0.99 \times 1,500\text{원} = 924,325,200\text{원}$$

2.1.2 채소 및 특작물 피해액

기존 연구의 채소 및 특작물에 대한 가뭄피해 규모로는 대표적인 작물을 대상으로 피해규모 산정 공식을 제시하고 있으며, 특작물의 경우 울무를 대상으로 피해규모를 산정하였다. 채소의 경우는 대부분의 채소 품종에 일반적으로 적용할 수 있는 피해규모 산정 공식을 제시하고 있다(건설교통부, 2002). 기존의 채소·특작물에 대한 피해액을 산정한 연구는 아래와 같이 울무와 채소에 대하여 산정한 사례가 있다.

울무의 피해는 장기가뭄에 의해 발아된 울무가 말라 죽거나 파종된 울무에 발아가 되지 않아서 발생한다고 할 수 있다. 2001년 3월~6월까지의 장기간 가뭄으로 인해 연천지역의 강수량은 42.5 mm로 평년에 비해 208.2 mm가 감소하였으며, 이로 인해 일부지역의 울무가 가뭄피해를 입었다. 가뭄 피해규모를 산정하기 위해서 울무의 평균단수는 300 kg/10a으로, 울무의 가격은 2001년도 농협 수매가격을 기준으로 하여 1,500원/kg으로 전제하고 피해액을 추정하였으며, 그 결과는 다음과 같다.

① 최소 피해액

$$300\text{kg}/10\text{a} \times 19.6\text{ha} \times 10 \times 0.5 \times 1,500\text{원} + 300\text{kg}/10\text{a} \times 191.84\text{ha} \times 10 \times 0.8 \times 1,500\text{원} = 734,724,000\text{원}$$

② 중간 피해액

$$300\text{kg}/10\text{a} \times 19.6\text{ha} \times 10 \times 0.65 \times 1,500\text{원}$$

채소의 경우 2001년 가뭄에 의해 고추, 옥수수, 콩, 감자, 배추, 참깨, 담배 등에서 시들음 피해가 발생하였다. 이에 대한 피해액 산정 공식은 농업기술센터 등의 전문가와 피해 농가의 면담 조사를 통해 아래의 식 (4)와 같이 나타냈다.

$$\text{품목별 피해액 추정} : \text{품목별 피해면적} \times \text{피해율} \times \text{평균단수} \times \text{가격} \quad (4)$$

2.1.3 과수 피해액

과수에 대한 가뭄피해를 살펴보면, 사과와 배의 가뭄피해는 수피균열과 수피괴사로 과실비대 지연, 진딧물과 응애발생 등의 피해가 발생하였으며, 포도의 경우는 착립 불량으로 송이 크기가 감소하고 미량요소 흡수 저하로 잎 황화현상이 발생하는 등의 피해가 일부 발생하였다. 이들에 대한 피해액 산정은 농업기술센터 등의 전문가와 피해 농가의 면담 조사를 통해 위 채소에 대한 피해액 산정 공식은 식 (4)와 동일한 방법으로 나타낼 수 있다(건설교통부, 2002).

$$\text{품목별 피해액 추정} : \text{품목별 피해면적} \times \text{피해율} \times \text{평균단수} \times \text{가격} \quad (5)$$

표 1. 2001년 울무 피해면적

(단위 : ha)

구 분	계	피해정도				피해농가수 (호)
		30 % 미만	30~50 %	50~80 %	80 % 이상	
피해면적	211.44	-	-	19.60	191.84	227

2.2 국외 가뭄피해 분석 방법

2.2.1 미국

국외의 가뭄피해 분석 방법으로는 미국 Rio Grande 유역을 대상으로 장기화된 가뭄의 대책을 위한 제도적 조정사례와 미국 Nation Drought Mitigation Center(NDMC)의 가뭄관련 연구사례가 있다. 국내의 가뭄피해 분석 방법에서는 생활용수, 농업용수 그리고 공업용수 부문으로 구분하고 있는데 반하여 미국의 가뭄피해 분석 방법에서는 크게 농업용수 부문, 생활용수 부문, 그리고 레크리에이션 부문으로 구분하고 있다.

또한, NDMC에서는 가뭄에 따른 경제적 피해에 대한 전반적인 개요를 그림 1과 같이 나타내고 있으며, 이는 각 부문의 피해요인과 유형에 대한 개요를 나타낸다. 그림 1에서 나타나 있는 바와 같이 가뭄의 전체적인 경제적 영향은 크게 직접적인 영향과 간접적인 영향으로 분류할 수 있다.

가뭄의 직접적인 피해는 생산량의 감소, 순 소득의 감소, 생산비 변동과 같이 농업부문에서 주로 나타난다. 이러한 직접적인 피해분석에는 가뭄 발생 전·후(With and Without)를 기준으로 접근할 수 있다. 가뭄 발생이전의 기록들(생산량, 공급량, 소득 등)을 이용하여 평균을 구하고, 이를 이용하여 가뭄 발생으로 인해 생긴 전체적인 변동을

비교하고 추가적인 조사와 설문조사를 실시하여 자료를 수집하고 구축함으로써, 이 자료들을 이용하여 피해분석을 실시한다.

가뭄의 간접적인 피해는 NDMC에서는 가뭄이 장기화되어 미치는 추가적인 영향을 분석하기 위해서 일반적으로 물수지 분석 모델(Input-Output model, Computable General Equilibrium model)을 이용한다. 이 모델을 이용하여 시, 주, 지역, 국가단위에 대한 피해정도를 나타내는 수치를 그림 1와 같이 나타내었다.

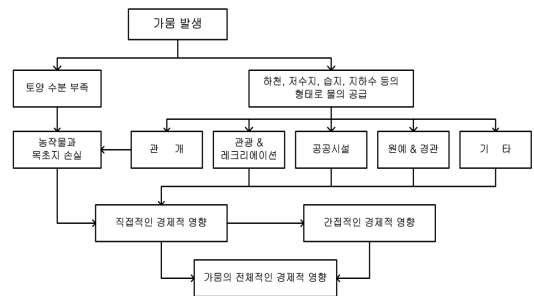


그림 1. 가뭄피해의 개요(Ding et al., 2008)

미국의 Rio Grande 유역을 대상으로 가뭄피해 영향 경제성 평가를 실시한 연구보고서에서는 가뭄으로 인해 발생한 가뭄피해를 가상의 조건을 제시하고 가상의 자료를 이용하여 가뭄 피해액 산정 기법에 대하여 설명하였다(Ward 등, 2001).

표 2. 국외 가뭄피해 분석 방법 연구동향

제 목	발행기관 (발행년도)	연구 내용
Institutional Adjustments for Coping with Prolonged and Severe Drought in the Rio Grande Basin	New Mexico Water Resources Research Institute (2001)	가뭄이 미치는 경제적 영향을 평가한 내용으로서 가뭄 발생에 따른 지출을 기반으로 가뭄피해를 농업용수부문, 생활용수부문, 레크리에이션부문의 접근법을 이용하여 분석
Measuring Economic Impacts of Drought : A Review and Discussion	National Drought Mitigation (NDMC) (2008)	가뭄의 발생이 농업, 이주, 관광 및 레크리에이션, 공공 시설물, 원예와 조경 등과 같은 여러 분야에 피해를 미치는 것에 대하여 가뭄이 미치는 경제적 영향 분석과 가뭄 피해분석요소를 이용한 분석 기법을 제시

표 3. 가상의 관개농장의 제원

가상의 관개 농장의 토지와 용수 이용 조건 (Water and Land Use in a Hypothetical Western Irrigated Farm)			
농작물	토지이용(acres)	용수이용(ac-inches/acre)	에이커 당 순 수확소득 (Net Returns/acre)
면(cotton)	1	36	\$145
자주개자리(alfalfa)	1	72	\$220
상추(lettuce)	1	45	\$450

이 가뭄 피해액 산정 방법에서 제시하고 있는 가상 농가의 제원은 표 3과 같다. 여기서 가상 농장의 용수는 지하수와 관개수로를 이용하며, 면적은 500 acres(약 2.0234 km²)이다. 관개수로를 사용하는 시기에는 20,000 acre-inches(약 102.79 m³)의 물을 사용하며, 1 acre 당 40 acre-inches(약 4,111.55 m³)의 용수를 공급받는다고 가정하였다. 표 3과 같이 가정된 조건들을 가지고 식 (6)을 이용하여 생산자의 최대 순수익을 산정하였다.

$$\begin{aligned} \text{Maximize net income} &= 145 \times \text{Cotton} \\ &+ 220 \times \text{Alfalfa} + 450 \times \text{Lettuce} \end{aligned} \quad (6)$$

식 (6)은 단순히 단위량의 값을 고려해 준 것이므로 표 4에 제시된 토지면적과 용수량의 가상의 조건을 초과하는지 적합한지를 검토한다.

$$1.0 \times \text{Cotton} + 1.0 \times \text{Alfalfa} + 1.0 \times \text{Lettuce} \leq 500(\text{Land acreage constraint}) \quad (7)$$

$$36 \times \text{Cotton} + 72 \times \text{Alfalfa} + 45 \times \text{Lettuce} \leq 20,000(\text{water constraint}) \quad (8)$$

2.2.2 일본

2001가뭄기록조사서에 소개 되어진 일본의 가뭄피해 산정은 농업과 생활용수 부문으로 구분하고 있으며, 각 부문의 가뭄피해액 산정은 그림 2와 그림 3에 나타나 있는 절차를 따라 수행된다.

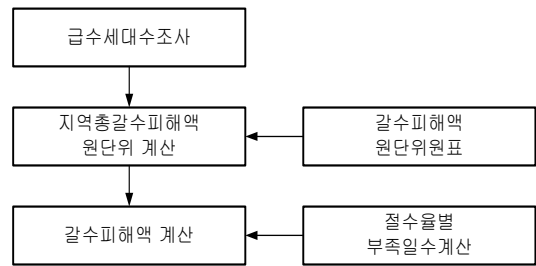


그림 2. 가정용수 갈수피해액의 산정

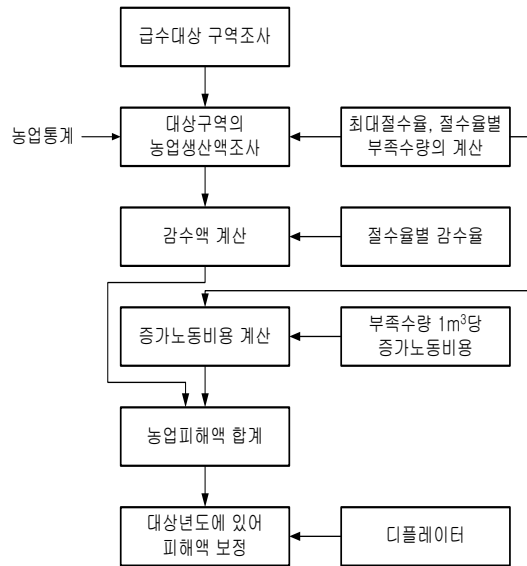


그림 3. 농업용수 가뭄피해액의 산정

농업용수 부문의 추정 방법에서는 대상품종을 쌀에 한정하고, 조사대상은 하천에서의 급수대상 구역면적으로 설정했으며, 유역의 농업통계로부터 농업조(粗)생산액을 조사했다. 그리고 농업용수

필요수량과 실적 취수량을 조사하고, 부족수량 및 절수율을 각각 계산했다. 감수액의 산정은 최대절수율을 취한다. 최대절수율에 대응하는 농업용수 갈수피해 계산도표에서 당해지역의 피해곡선을 산정하고, 최대절수율에 대응하는 감수율을 산정하여 이를 농업생산액에 곱하면 감수액을 산출할 수 있다.

그림 2와 그림 3의 절차를 이용하여 식 (9)에 적용하여 가목의 피해액을 산정한다.

$$D = \sum_i \sum_{s_i} Q_i \times S_i \times f_i(s_i) \times d_i(s_i) \quad (9)$$

여기서, D = 갈수피해액

i = 목적(생·공·농·용수 등)

S_i = i 목적의 절수율

Q_i = i 목적의 평상시 취수량 (m³/일)

$f_i(s_i)$ = i 목적의 s_i 에 대한 피해액 원단위(원/m³)

$d_i(s_i)$ = i 목적의 s_i 에 대한 일수

또는

$$D = \sum_i \sum_{s_i} P_i \times F_i(s_i) \times d_i(s_i) \quad (10)$$

여기서, P_i = i 목적의 부가가치액(원/일)

$F_i(s_i)$ = i 목적의 s_i 에 대한 피해율

즉, 식 (9)는 목적별 용수량 1 m³당의 갈수시에 있어서의 피해액원단위에서 갈수피해액을 산출하는 데에 대해, 식 (10)은 각 업종별 부가가치에 대한 피해액에서 갈수피해액을 계산하게 된다. 식 (10)에 의해 그 방법론이 정리되어 있는데, 갈수 조정 또는 갈수시의 저수지운용 등에 있어서는 최종적인 결정지표는 물 1 m³당의 문제가 된다. 따라서 물 1 m³당 피해액을 산출해 두는 것은 중요하며, 식 (9)와 식 (10)으로부터 식(11)과 같이 해서 산출할 수 있다.

$$Q_i \times S_i \times f_i(s_i) = P_i \times F_i(s_i) \rightarrow f_i(s_i) = \frac{P_i \times F_i(s_i)}{Q_i \times S_i} \quad (11)$$

표 5에서는 갈수피해액 추정을 위해 필요한 내용을 열거하고 있다.

절수일수와 절수율은 계획취수량과 갈수시 실취수량과의 관계로부터 정리된다. 갈수시의 실취수량에 대해서는 어느형의 절수 규칙(률)을 가지고 있는 경우도 있고, 또는 그 도시 하천관리자를 포함한 당사자간의 대화에 의해 결정되는 경우도 있다. 갈수피해를 산출할 때에 있어서는 이러한

표 4. 갈수피해액 추정방법 내용일람

양식명칭	조사목적	조사기간
절수율별 절수일수	절수율 별부족 일수의 계산	갈수후
부족수량, 절수율의 계산	기간 최대절수율 산정 부족수량 추정	"
증가비용의 계산표		"
감수액의 산정		"
지역 총피해액 원단위표	피해액계산 용이	"
피해액 계산표(가정용수)	기간합계 피해액 계산	"
지역 총피해액 원단위표(도시활동용수)	기간합계 피해액 계산	"
피해액 계산표(도시활동용수)	기간합계 피해액 계산	"
지역 총피해액원 단위표(공업용수)	기간합계 피해액 계산	"
피해액 계산표(공업용수)	기간합계 피해액 계산	"
갈수피해액 계산법		"

표 5. 부족수량 1㎡당 증가노동비용

항 목	절수율	20%	40%	60%	80%	90%	100%
① 단채수준	-	240시간/인 (12시간×20인)	540 (12×30)	540 (18×30)	540	540	540
② 농가수준	-	1,000시간/인 (2시간×20인)	1,000	1,000	1,000	1,000	1,000
③ 증가노동비용	円/시간 (①+②)×1,000	1,240천円	1,360	1,540	1,540	1,540	1,540
④ 부족수량	100천㎡/일× 절수율	20천㎡/일	40	60	80	90	100
⑤ 부족수량 1㎡당 증가노동비용	③÷④	62円/㎡	34	26	19	17	15

규칙을 기초로 운용에 기본한 실취수량의 실태로부터 산출되는 경우가 많으며, 용도별 갈수피해액의 계산 방법에는 용도별 절수율별 부족수량 1㎡당 원단위를 사용하는 방법, 용도별 절수율별 부가가치 저하의 원단위를 이용하는 방법이 있다.

곱하여 산정된다. 농업용수 가뭄피해액은 그림 3의 순서에 따라 구한 감수액과 증가 노동비용의 합이 된다(건설교통부, 2002).

3. 피해액 산정 방법 및 적용결과

3.1 농업부문

국내외 농업부문 피해액 추정 방법과 각각의 사례들을 검토해 본 결과, 농업부문에서의 피해추정에는 공통적으로 피해면적이 포함되지만, 피해면적에 대한 명확한 정의가 되어있지 않으며 가뭄을 고려한 피해면적 측정에 대한 자료가 구축되어 있지 않는 문제점을 가지고 있다. 본 연구에서는 가뭄 피해면적에 대한 정의를 가뭄 발생 전 용수 공급이 이루어지는 면적에서 가뭄 발생 후 용수 공급이 원활하게 이루어지지 않는 면적을 기준으로 실제 농작물의 피해가 발생하는 면적을 피해면적으로 정의하였고, 추가적으로 경작면적에 대한 가뭄 전·후의 생산량으로 피해율을 적용하여 보다 현실성 있는 농업부문의 피해액 추정 공식을 만들었다.

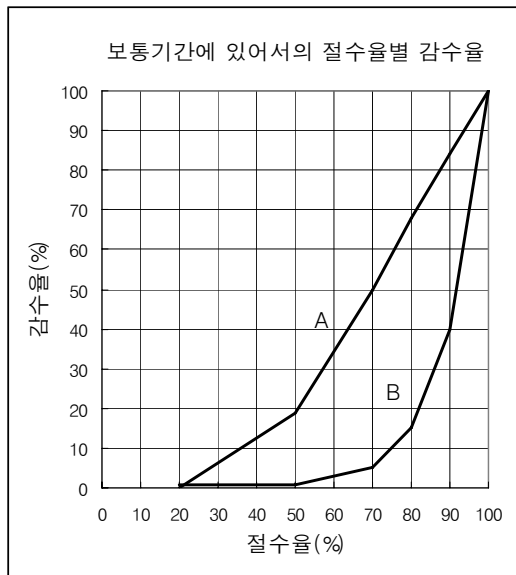


그림 4. 농업용수 가뭄피해액 계산도표

주) A - 취수조건이 나쁘고 하천수만에 의존, 하구부에서 염분 농도가 높다.
B - 복류수, 지하수, 우물물에서 취수가능, 평지부가 대부분을 차지한다.

표 5에 제시된 증가 노동비용은 절수율별 부족수량을 구하고 부족수량 1㎡당 증가 노동비용을

$$[(J_b - J_a) \times A] \times P_j + U_i = Q_a \quad (12)$$

여기서, J_a 는 가뭄발생 이후 생산량/경작면적(kg), J_b 는 평년생산량/경작면적(kg/ha) A 는 경작면적(ha)을 의미한다. 그리고 P_j 는 현재 물가에 따른

kg당 가격(원/kg)을, U_i 와 Q_n 는 각각 증가된 노동비(원)와 농업부문 피해 추정액(원)을 의미한다.

식 (12)에 2006년, 2007년, 2008년에 실제 가뭄이 발생했던 경상남도의 김해시, 남해군, 의령군, 창녕군, 창원시의 정곡에 대한 경작면적과 평년 생산량의 실제자료를 적용하여 피해액을 추정하였다. 이 때 피해액 산정식에 이용되는 요소 중

가뭄발생기간의 생산량과 증가된 노동비의 경우는 자료가 구축되어 있지 않아, 가정하여 피해액을 추정하였다.

표 6~표 8은 2006년에서 2008년까지의 정곡에 대한 피해액을 추정한 결과로서 가장 큰 피해액은 2006년에 의령군에서 약 1억9천5백만원이 추정되었다.

표 6. 농업 부문에 대한 가뭄 피해액 (2006년 정곡)

요소 지역	평년 생산량 (kg)	경작면적(ha)	가뭄발생기간의 생산량(kg)	kg당가격 (원/kg)	증가된 노동비 (예상복구비(원))	피해추정금액 (원)
김해시	26,079	5,369	21,364	1,280	50,000,000	56,035,200
남해군	15,951	3,234	11,207	1,130	20,000,000	25,780,592
의령군	22,058	4,422	17,658	980	16,000,000	195,227,020
창녕군	36,613	7,025	28,465	1,050	40,000,000	18,311,300
창원시	18,211	3,308	14,685	1,090	30,000,000	33,925,090

표 7. 농업 부문에 대한 가뭄 피해액 (2007년 정곡)

요소 지역	평년 생산량 (kg)	경작면적(ha)	가뭄발생기간의 생산량(kg)	kg당가격 (원/kg)	증가된 노동비 (예상복구비(원))	피해추정금액 (원)
김해시	25,342	5,343	18,904	1,160	38,000,000	45,468,080
남해군	15,478	3,366	11,345	1,020	48,000,000	52,215,660
의령군	20,538	4,555	17,203	1,090	34,000,000	37,635,150
창녕군	32,550	7,004	12,498	1,045	43,000,000	63,954,340
창원시	16,576	3,336	11,056	1,127	51,000,000	57,221,040

표 8. 농업 부문에 대한 가뭄 피해액 (2008년 정곡)

요소 지역	평년 생산량 (kg)	경작면적(ha)	가뭄발생기간의 생산량(kg)	kg당가격 (원/kg)	증가된 노동비 (예상복구비(원))	피해추정금액 (원)
김해시	29,016	5,435	26,855	1,364	50,000,000	52,947,604
남해군	15,951	3,234	11,294	1,456	60,000,000	66,780,592
의령군	22,054	4,422	18,036	1,437	70,000,000	75,773,866
창녕군	36,613	7,025	31,257	1,450	40,000,000	47,766,200
창원시	18,211	3,308	14,569	1,245	36,000,000	40,534,290

표 9. 농업 부문에 대한 가뭄 피해액 (2006년 미곡)

요소 지역	평년 생산량(kg)	경작면적(ha)	가뭄발생기간의 생산량(kg)	kg당가격 (원/kg)	증가된 노동비 (예상복구비(원))	피해추정금액 (원)
김해시	28,072	5,368	19655	750	31,200,000	37,512,750
남해군	17,389	3,291	16234	720	20,000,000	20,831,600
의령군	22,882	4,456	15684	810	40,000,000	45,830,380
창녕군	35,060	6,984	29645	690	18,000,000	21,736,350
창원시	19,683	3,340	17056	770	50,000,000	52,022,790

표 10. 농업 부문에 대한 가뭄 피해액 (2007년 미국)

요소 지역	평년 생산량 (kg)	경작면적(ha)	가뭄발생기간의 생산량(kg)	kg당가격 (원/kg)	증가된 노동비 (예상복구비(원))	피해추정금액 (원)
김해시	27,279	5,343	25,689	964	28,000,000	29,532,760
남해군	16,661	3,366	14,656	956	50,000,000	51,916,780
의령군	22,108	4,555	21,379	978	26,000,000	26,712,962
창녕군	35,037	7,004	32,356	922	42,000,000	44,471,882
창원시	17,843	3,336	15,698	907	38,000,000	39,945,515

표 11. 농업 부문에 대한 가뭄 피해액 (2008년 미국)

요소 지역	평년 생산량 (kg)	경작면적(ha)	가뭄발생기간의 생산량(kg)	kg당가격 (원/kg)	증가된 노동비 (예상복구비(원))	피해추정금액 (원)
김해시	31,233	5,435	30,122	854	48,000,000	48,948,794
남해군	17,170	3,234	14,065	879	50,000,000	52,729,295
의령군	23,739	4,422	20,894	814	48,000,000	50,315,830
창녕군	39,411	7,025	31,247	910	60,000,000	67,429,240
창원시	19,602	3,308	14,687	884	40,000,000	44,344,860

표 9~표 11은 2006년에서 2008년까지의 미국에 대한 피해액을 추정한 결과로서 가장 큰 피해액은 2008년에 창녕군에서 약 6천7백만원이 추정되었다.

3.2 생활용수부문

생활용수부문에서는 공통적으로 가뭄 발생기간이 피해추정 방법에 이용되지만, 피해면적과 마찬가지로 가뭄의 영향이 작용하는 기간에 대한 시작과 끝에 대한 기준이 명확하지 않아 현실성 있는 피해액 산정방법에 많은 어려움이 있다. 본 연구에서는 생활용수부문의 가뭄발생기간을 제한급수기간으로 정의하고, 급수가 원활이 공급되지 않아 피해 대상지역의 주민들이 느끼는 고통을 비용으로 환산한 것으로 정의하는 고통비용(조선일보, 2009)을 포함하고, 일본의 갈수기 피해액산정 절차를 이용하여 자료를 정립하였다. 또한, 미국 NDMC의 단위 용수량에 대한 가치를 이용하는 기본적인 개념을 적용하여 합리적인 피해액추정을 위한 공식을 만들었다.

$$((I_0 - I_f) \times (-P_u + H_T)) \times M_T \times D_L = Q_m \quad (13)$$

여기서, I_0 는 가뭄 발생 전 대상지역 주민들 1인당 1일 평균 용수사용량(l_{pcd}), D_L 는 제한급수기간(hr), I_f 는 가뭄 발생 후 대상지역 주민들 1인당 1일 평균 용수사용량(l_{pcd})을 의미한다. 또한 H_T 는 고통비용(원/ m^3), P_u 는 수도 요금(원/ m^3), M_T 와 Q_m 는 각각 주민 총인구와 가뭄으로 인한 생활용수의 피해 추정금액(원)을 의미한다.

생활용수 부문에서는 실제 가뭄이 발생한 2007년 남해군의 실제 자료를 이용하여 가뭄 피해액을 추정하였다. 2006년 상수도 통계(환경부, 2007), 2007년 상수도 통계(환경부, 2008a), 2008년 10월 보도자료(남부지방 가뭄지역 식수난 해소 방안 강구) (환경부, 2008b), 2001년 농림 통계연보(농림부, 2001), 2007년 경남 통계연보(경상남도, 2007), 2008년 경남 통계연보(경상남도, 2008)의 자료를 이용하였으며, 고통비용은 태백지역 아파트 43가구와 단독주택 57가구의 목욕·세탁·식사 등 가뭄 전·후 '생활변화'를 분석한 결과 제한급수기간이 225시간 기준으로 80만4197원으로 책정되었다(조선일보, 2009). 본 연구에서는 2008년 10월 보도자료(환경부, 2008b)을 참고하여 45시

간의 제한급수기간을 적용해 40만원의 고통 비용

표 12. 생활용수 부문에 대한 가뭄 피해액(남해군)

요소 지역	1일 1인 급수량을 시간당 급수량으로 전환(ℓ/hr)	제한급수기간 (hr)	고통비용 (원)	수도요금 (원/톤)	급수인구 (명)	피해추정금액 (원)
미조면	10.42	45	16,666.67	410	3,599	2,677,298,754
남면	6.38	45	16,666.67	380	5,135	3,821,867,081
남해읍	8.08	45	16,666.67	400	14,522	10,804,476,915
이동면	5.38	45	16,666.67	480	5,606	4,163,859,303

표 13. 생활용수 부문에 대한 가뭄 피해액(의령군)

요소 지역	1일 1인 급수량을 시간당 급수량으로 전환(ℓ/hr)	제한급수기간 (hr)	고통비용 (원)	수도요금 (원/톤)	급수인구 (명)	피해추정금액 (원)
공유면	10.00	45	16,666.67	440	1,521	1,130,781,670
지정면	9.08	45	16,666.67	395	2,511	1,868,435,555
화정면	8.25	45	16,666.67	412	2,061	1,533,035,310

표 14. 생활용수 부문에 대한 가뭄 피해액(통영시)

요소 지역	1일 1인 급수량을 시간당 급수량으로 전환(ℓ/hr)	제한급수기간 (hr)	고통비용 (원)	수도요금 (원/톤)	급수인구 (명)	피해추정금액 (원)
산양읍	13.75	45	16,666.67	387	7,627	5,676,783,279
욕지면	11.04	45	16,666.67	430	2,944	2,189,203,462
한산면	10.75	45	16,666.67	323	3,359	2,503,126,183

을 추정하였고 이를 다시 시간당 고통비용을 계산하여 1만6천6백원의 고통비용을 산정하였다. 표 12~표 14는 생활용수 부문에 대한 가뭄피해액이며, 남해군에서는 총 214억 6천만원이, 의령군에서는 총 45억 3천만원이 통영시에서는 103억 6천만원이 추정되었다.

4. 결론

본 연구는 국내외 연구동향을 조사하고 검토하여 합리적인 가뭄 피해액 산정 기법을 개발하기 위하여 가뭄피해액 추정식을 제시하였으며, 이 추정식을 이용해 실제 가뭄이 발생한 지역의 자료를 적용시켜 피해액을 추정하였다.

- 1) 농업부문은 현재 구축되어져 있는 자료를 이용하여 피해액을 책정할 수 있는 방향으

로, 피해액 추정 방법을 개발해나가는 것이 보다 경제적인 효과를 얻을 것으로 판단되어진다. 또한, 어느 항목까지가 증가된 노동비용에 포함되는지를 체계적으로 구별한다면, 보다 합리적이며 현실성 있는 피해액 산정이 가능할 것으로 판단된다.

- 2) 생활용수부문의 피해액 추정에서 고통비용 산정방법은 조건부 가치측정법(CVM)을 이용하여 피해기간동안 해당지역의 주민들을 대상으로 설문조사하여 기본적인 자료를 구축하고, GNI(1인당 국민총소득 Gross National Income)를 조사하여 적용한다면, 보다 현실적인 고통비용이 산정될 것이다. 또한, 일반 가정보다 상대적으로 많은 용수를 사용하는 음식점, 목욕탕 등과 같은 업소들에 대한 가중치와 대상지역의 소득수준

및 생활수준을 반영할 수 있는 가중치가 고려되면 보다 현실성 있는 피해액산정이 가능할 것이다.

가뭄에 대한 피해를 산정하기 위한 방법은 국내에 명확히 정의되어 있지 않은 실정이다. 본 연구의 결과를 개선한다면 가뭄에 대한 피해를 예측하여 가뭄에 대한 대비에 효율적으로 활용할 수 있을 것이다.

감사의 글

이 연구는 소방방재청 자연재해저감기술개발사업 [NEMA-08-NH-05] 연구비 지원으로 수행되었으며 이에 감사드립니다.

참 고 문 헌

국민일보 (2009). 2009년3월16일 보도자료(3개월째 식수난 태백시민들 “정부대책 미흡 뎀 투쟁 불사)

건설교통부 (2002). 2001년 가뭄기록조사보고서

경상남도 (2007). 2007년 경남 통계연보

경상남도 (2008). 2008년 경남 통계연보

농림부 (2001). 2001년 농림 통계연보

조선일보 (2009). 2009년 4월 7일 조선일보 보도

자료(“태백 가뭄 75일간 ‘고통비용’ 450억원) 한국수자원공사 (2002). 역대 가뭄피해사례(1900년~2001년)

한국수자원공사 (2007). 수자원 주요 Data(2002년~2007년)

환경부 (2007). 2006년 상수도 통계

환경부 (2008a). 2007년 상수도 통계

환경부 (2008b). 2008년 10월 보도자료(남부지방 가뭄지역 식수난 해소 방안 강구)

Ward, F.A., Young, R, Lacewell, R, King, J.P, Frasier, M, McGuckin, J.T. DuMars, C. Booker, J. Ellis, J, Srinivasan, R (2001). Institutional Adjustments for Coping with Prolonged and Severe Drought in the Rio Grande Basin, NEW MEXICO WRRI, Technical Completion Report , No. 317, pp. 106-148

Ding, Y, Hayes, M.J. Widhalm, M (2008). Measuring Economic Impacts of Drought: A Review and Discussion. National Drought Mitigation, pp. 8-11

- 논문접수일 : 09년 06월 09일
- 심사의뢰일 : 09년 08월 18일
- 심사완료일 : 09년 08월 25일